

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS PELO ASSENTO A CONDUTORES DE EMPILHADORES

A. Lopes¹, N. Pereira¹

¹ECO 14 – Serviços e Consultadoria Ambiental, Lda. – Laboratório de Acústica e Vibrações (LabAV)
- Rua Prior Guerra, 50 - 2.º Esq. • 3830 - 711 Gafanha da Nazaré •

lopes@eco14.pt • nuno@eco14.pt

Resumo

O principal objetivo da presente comunicação é o de apresentar uma análise, baseada em medições da exposição dos trabalhadores às vibrações transmitidas ao corpo inteiro, na condução do veículo de transporte e elevação mecânica de cargas mais usado na indústria em Portugal – o empilhador.

A análise baseia-se em resultados de ensaios de avaliação das vibrações transmitidas pelo assento ao corpo inteiro, efetuados *in situ*, entre 2009 e 2011, pelo LabAV da ECO 14 em 40 empilhadores a circular em ambiente industrial.

A partir dos dados da aceleração eficaz ponderada (aceleração rms) para os eixos ortogonais basicêntricos x, y e z, verifica-se que a amplitude da vibração (aceleração m/s^2) do eixo com valor eficaz mais elevado varia entre $0,23 m/s^2$ e $0,95 m/s^2$. Comparando a amplitude de vibração obtida com os dados quantitativos típicos das amplitudes de vibração em empilhadores, apresentados no documento “EU Guide to goods practice on Whole-Body Vibration, v6.7h” (2008), o qual refere uma amplitude de vibração entre $0,35 m/s^2$ e $1,65 m/s^2$, verifica-se que os valores de vibração obtidos são bastante inferiores, não chegando a ultrapassar o valor limite de exposição de $1,15 m/s^2$.

Possíveis causas para os menores valores obtidos nas medições efetuadas, relativamente aos expetáveis pelo guia referenciado, serão certamente relacionadas com a diferente dimensão da amostra tomada e a sua própria natureza, mas também com uma maior sensibilização por parte dos trabalhadores para as regras de segurança, melhores condições de pavimentação das vias de circulação e aos avanços tecnológicos ao nível dos próprios equipamentos de trabalho.

Cerca de 40% dos empilhadores avaliados apresentam valores de aceleração, no eixo mais elevado, superiores ao nível de ação ($0,50 m/s^2$). Nestes casos, o tempo de exposição na atividade de manobrador de empilhador poderá variar entre as 7 horas e 50 minutos e as 2 horas e 15 minutos por dia, para que o valor da exposição diária A(8) não ultrapasse o nível de ação.

Palavras-chave: vibrações, empilhadores, trabalhadores, saúde.

Abstract

The main purpose of this communication is to present an analysis based on measurements of worker exposure to whole-body vibration, in driving the transport vehicle and mechanical lifting loads most commonly used in industry in Portugal - the fork-lift truck.

The analysis is based on results of testing for evaluation of the seat vibration to the whole body, made in situ between 2009 and 2011, by the LabAV form ECO 14 on 40 fork-lift trucks that circulate in an industrial environment.

From the data of the effective weighted acceleration (rms acceleration) form basicentric orthogonal axes x, y and z, it conclude that the amplitude of vibration (acceleration m/s^2) axis with higher effective amount ranges between $0,23 m/s^2$ and $0,95 m/s^2$. Comparing the amplitude of vibration obtained with quantitative data of typical vibration amplitudes in forklifts, presented in the document " EU Guide to goods practice on Whole-Body Vibration, v6.7h " (2008), which has an amplitude of vibration between $0,35 m/s^2$ and $1,65 m/s^2$, it appears that the vibration values obtained are much lower, not exceed the exposure limit value of $1,15 m/s^2$.

Possible reasons for the lower values obtained in the measurements made, relatively to the values referenced by the guide, they will be related to different sample size and making his own nature, but also with an increased awareness by workers to safety rules, better pavement conditions of the ways and the technological advances in terms of their own work equipment.

About 40% of the fork-lift trucks measured present acceleration values on the greater axis, above the level of action ($0.50 m/s^2$). In these cases, the exposure time in the activity of the vehicle driving workers may vary between 7 hours 50 minutes and 2 hours 15 minutes a day, so that the daily exposure value A(8) does not exceed the level of action.

Palavras-chave: vibrations, fork-lift truck, workers, health.

1. INTRODUÇÃO

O Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro [3], transpõe para o ordenamento jurídico interno a Diretiva n.º 2002/44/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de junho, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas.

Os tipos de vibrações suscetíveis de induzirem efeitos nocivos ou indesejados sobre a saúde dos trabalhadores são agrupáveis em dois grandes tipos: vibrações transmitidas ao sistema mão-braço e vibrações transmitidas ao corpo inteiro.

O Decreto-Lei n.º 46/2006 faz impender sobre o empregador um conjunto muito concreto de obrigações legais, que passam essencialmente por: avaliar o risco, adotar medidas tendentes à redução de exposições excessivas, eliminar situações de ultrapassagem dos valores limite, informar e formar os trabalhadores e facultar uma vigilância médica adequada aos mesmos.

Estudos epidemiológicos têm demonstrado que exposições prolongadas a vibrações transmitidas ao corpo inteiro constituem um risco elevado para a saúde, afetando, com particular incidência, a coluna vertebral, o pescoço e o ombro.

Neste enquadramento, torna-se pertinente apresentar uma análise, baseada em medições da exposição dos trabalhadores às vibrações transmitidas ao corpo inteiro, na condução do veículo de transporte e elevação mecânica de cargas mais usado na indústria em Portugal – o empilhador.

As medições realizadas cumpriram as especificações aplicáveis constantes do Anexo II do Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro e da norma NP ISO 2631-1:2007 [3].

A análise baseia-se em resultados de ensaios de avaliação das vibrações transmitidas pelo assento ao corpo inteiro, efetuados *in situ*, entre 2009 e 2011, pelo LabAV da ECO 14 em 40 empilhadores a circular em ambiente industrial, cujas marcas e modelos se apresentam na tabela 1.

Tabela 1 – Marcas e modelos dos empilhadores avaliados.

Marca	Modelo
Nissan	YL02A25
	FP01L15U
	N01L15HQ
	PD01A15PQ
	N01L13U
	PLO2A2S
Komatsu	FD-20
	FB25H-3R
	FB15M-2
Toyota	42-6PGF25
	SAS-25
	62-7FDF30
	42-5FG20
	FBMF25
	FDF25
Fahel	FAHEL 25
Mitsubishi	FB25
	FB15
	FG30T
	FB20

Marca	Modelo
Linde	E20
	E16C
Combilift	C5000L
Caterpillar	EP20CN
	EP16N
	F25
Still	RX60-16
	R20-15
Nichiyu	FB05PN-70BO
Kalmar	DCE90-45E6

Segundo o estabelecido no Anexo II do Decreto-Lei n.º 46/2006, «a determinação do nível de exposição dos trabalhadores é realizada com base no cálculo da exposição pessoal diária, para um período de oito horas, expressa em aceleração contínua equivalente».

A determinação da vibração é efetuada com base no valor eficaz (r.m.s.) mais elevado das acelerações ponderadas em frequência, medidas segundo os três eixos ortogonais basicêntricos x, y e z.

O “r.m.s.” vem do inglês *root mean square* e está diretamente relacionado com a energia da vibração, reportando-se ao seu valor médio (em energia). A aceleração eficaz (também designada por equivalente) é obtida pela raiz quadrada da média da soma dos quadrados dos valores instantâneos de aceleração medidos num determinado tempo de medição, T .

$$a_{eq} = a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \quad (1),$$

em que: $a_w(t)$ é aceleração ponderada em função do tempo de medição T .

A exposição diária às vibrações, $A(8)$, é obtida por aplicação da seguinte fórmula:

$$A(8) = k a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [\text{m/s}^2] \quad (2)$$

em que, a_w é aceleração eficaz ponderada em frequência aplicável (m/s^2); T é a duração diária de exposição às vibrações; T_0 é a duração de referência (8 horas) e k é o fator multiplicativo aplicável a cada eixo ($k=1,4$ para componentes horizontais da vibração e $k=1,0$ para a componente vertical).

O corpo humano reage às vibrações de maneiras diversas, a sensibilidade às vibrações longitudinais (ao longo do eixo z, da coluna vertebral) é diferente da sensibilidade transversal (eixos x ou y, ao longo dos braços ou através do tórax), daí a importância dos fatores multiplicativos.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 46/2006, os valores limite e valores de ação de exposição são, para as vibrações transmitidas ao corpo inteiro, os seguintes valores:

- Valor limite de exposição: $1,15 \text{ m/s}^2$;
- Valor de ação de exposição: $0,5 \text{ m/s}^2$.

Na figura 1 apresentam-se dados quantitativos típicos das amplitudes de vibração de maquinaria diversa (adaptado de “EU Guide to goods practice on Whole-Body Vibration, v6.7h”).

Tratam-se de valores coligidos a partir de resultados de diferentes laboratórios¹, para um conjunto alargado de máquinas. Excetuando um ou outro caso pontual não apresentado, tratam-se das máquinas mais relevantes que se podem encontrar nos locais de trabalho no que respeita à transmissão de vibração (corpo inteiro) aos trabalhadores.

Para além dos valores pontuais registados nos ensaios, são apresentados os percentis 25 e 75 resultantes do tratamento estatístico dos dados, que permitem ter uma ideia acerca de ordens de grandeza típicas da amplitude da vibração transmitida ao corpo inteiro de diferentes máquinas.

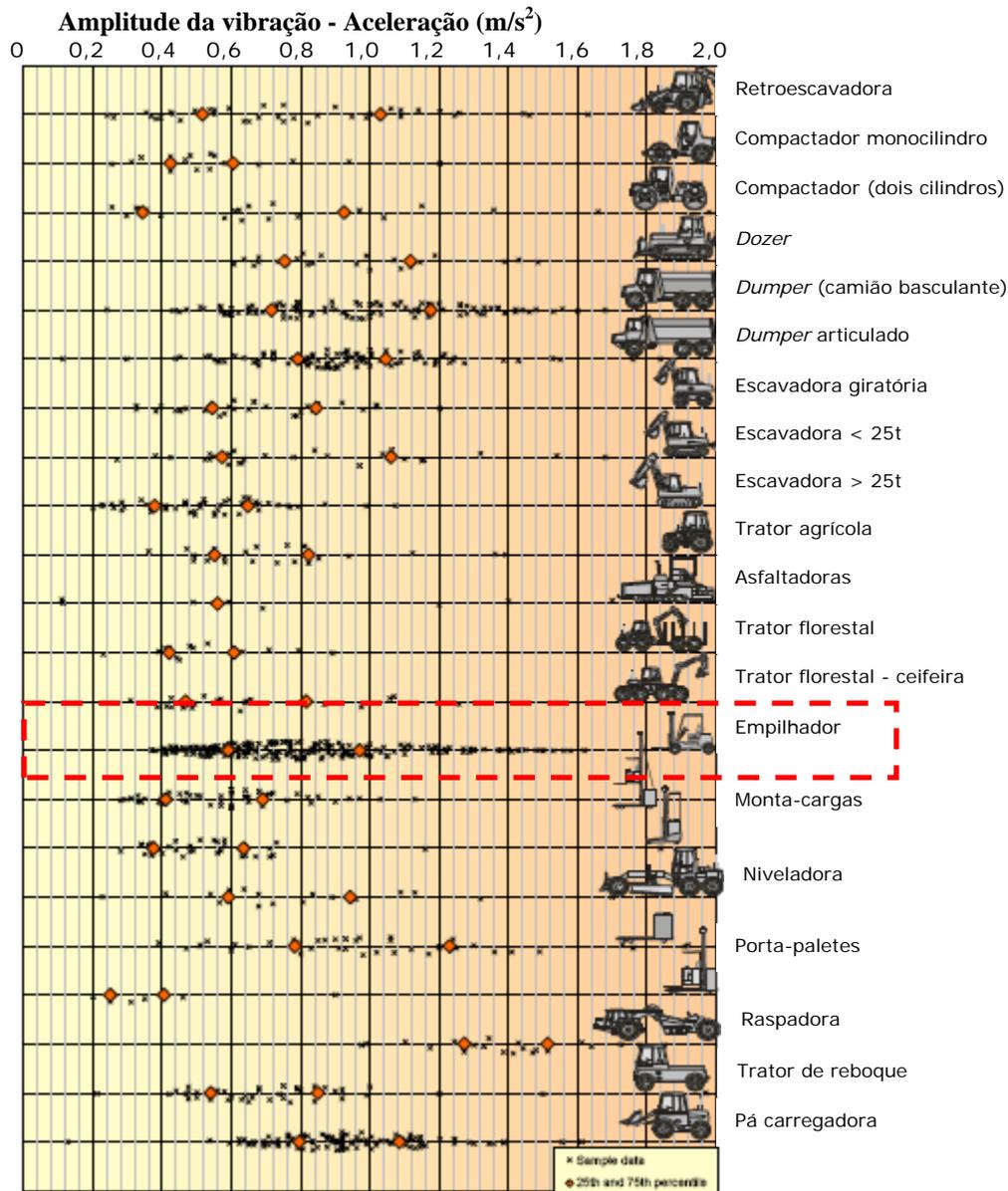


Figura 1: Magnitudes de vibração de diferentes tipos de máquinas (adaptado de [1]).

Da figura anterior, verifica-se que as amplitudes de vibração em empilhadores, no eixo mais elevado, variam entre $0,35 m/s^2$ e $1,65 m/s^2$.

¹ Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), Health and Safety Laboratory (HSL), RMS Vibration Test Laboratory.

O intervalo apresentado para os percentis 25 e 75 (aproximadamente 0,6-1,0 m/s²) demonstra que, na maioria dos casos e dependendo do tempo de exposição, a atividade de manobrador de empilhador é um caso de risco potencial de vibração transmitida ao corpo inteiro.

2. RESULTADOS OBTIDOS

Nos ensaios de avaliação das vibrações transmitidas pelo assento ao corpo inteiro, efetuados *in situ* pelo LabAV da ECO 14, foi medida a grandeza aceleração eficaz ponderada para os eixos ortogonais basicêntricos x, y e z.

Nas figuras seguintes apresentam-se os resultados obtidos em cada eixo, já incluindo a multiplicação pelos fatores k aplicáveis.

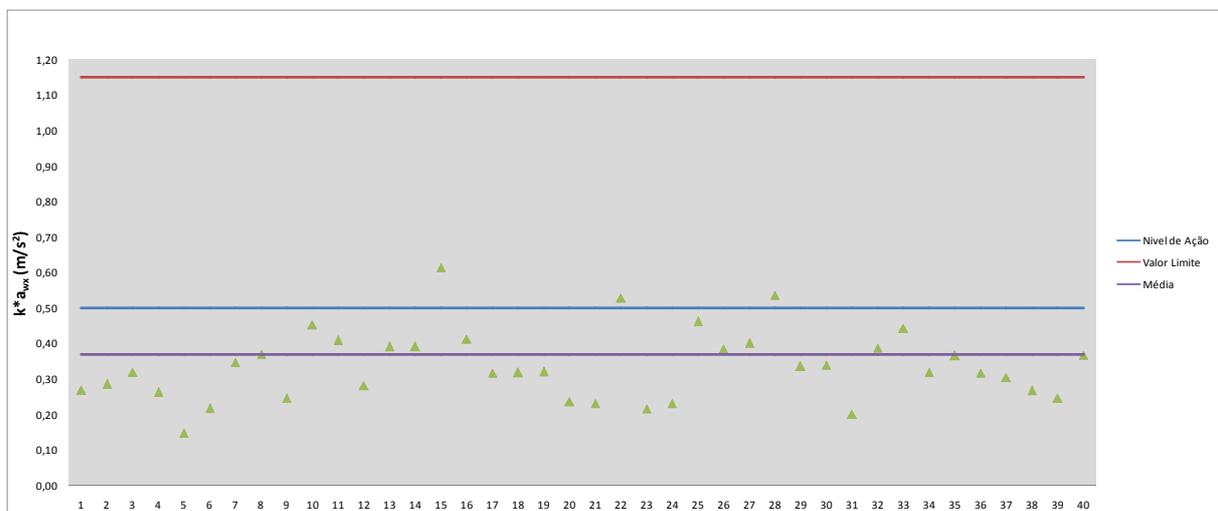


Figura 2: Aceleração eficaz ponderada para o eixo ortogonal basicêntrico x.

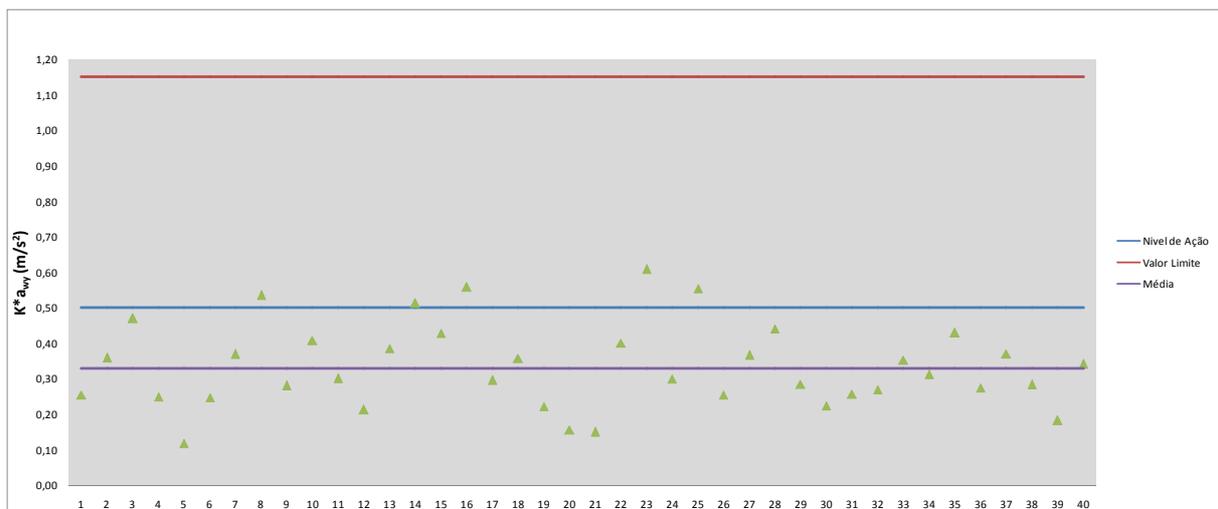


Figura 3: Aceleração eficaz ponderada para o eixo ortogonal basicêntrico y.

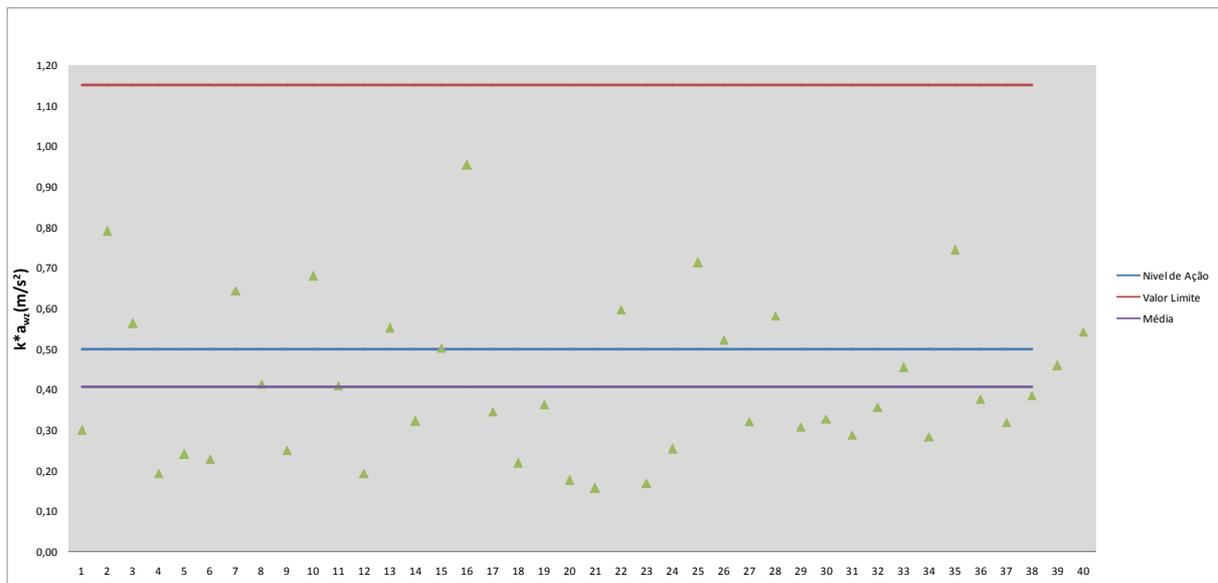


Figura 4: Aceleração eficaz ponderada para o eixo ortogonal basicêntrico z.

Da análise das figuras anteriores, verifica-se como seria de esperar, que é o eixo z que apresenta, na maioria dos empilhadores avaliados, valores de aceleração mais elevados.

No eixo do x, os valores de aceleração variam entre $0,15 \text{ m/s}^2$ e $0,61 \text{ m/s}^2$ e a média dos níveis de aceleração é de $0,34 \text{ m/s}^2$. O desvio padrão dos resultados obtidos para o eixo do x foi de $0,10 \text{ m/s}^2$

O eixo do y, apresenta valores de aceleração semelhantes ao eixo do x, variando entre $0,12 \text{ m/s}^2$ e $0,61 \text{ m/s}^2$, a média dos níveis de aceleração é de $0,33 \text{ m/s}^2$ e o desvio padrão de $0,12 \text{ m/s}^2$.

No eixo do z, os valores de aceleração variam entre $0,16 \text{ m/s}^2$ e $0,95 \text{ m/s}^2$ e a média dos níveis de aceleração é de $0,41 \text{ m/s}^2$. O desvio padrão dos resultados obtidos para o eixo do z foi de $0,19 \text{ m/s}^2$.

A maior dispersão dos resultados, observada no eixo do z, tem uma origem multifatorial: o veículo propriamente dito e o seu estado de conservação, os respetivos sistemas de suspensão, o tipo de assento, as tarefas realizadas, a velocidade de circulação, o pavimento, a carga transportada, além do próprio condutor ser uma fonte de variabilidade.

Em todos os eixos, os valores de aceleração medidos não ultrapassaram o valor limite de exposição, de $1,15 \text{ m/s}^2$.

Conforme já foi referido anteriormente, a determinação da exposição diária à vibração, $A(8)$, é efetuada considerando o valor eficaz mais elevado das acelerações obtidas para cada um dos eixos ortogonais e o tempo estimado de exposição diária do trabalhador.

Na figura seguinte apresenta-se os níveis de aceleração mais elevado das acelerações ponderadas em frequência, medidas segundo os três eixos ortogonais.

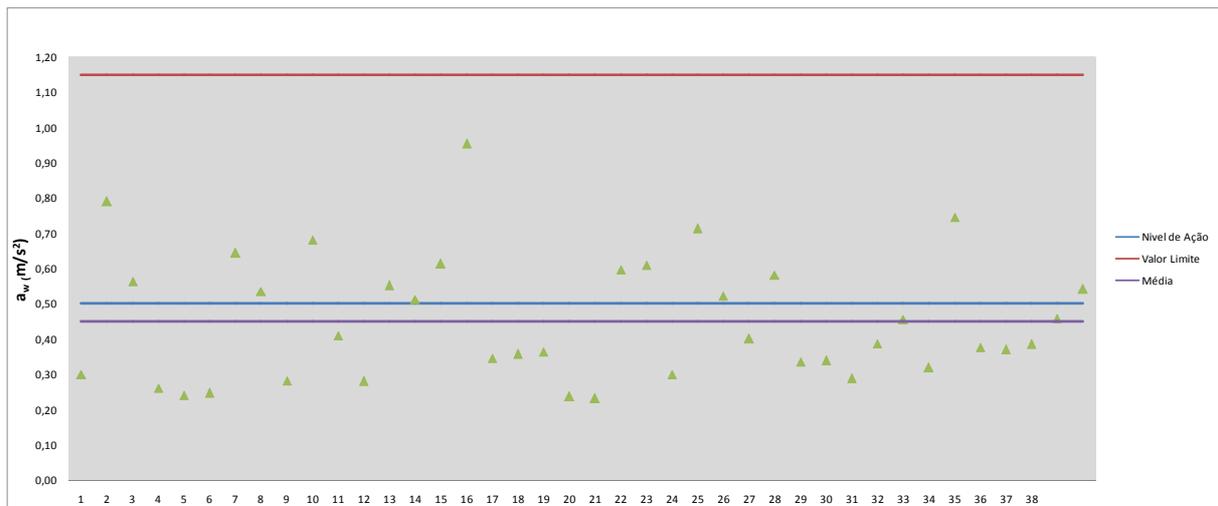


Figura 5: Aceleração eficaz ponderada no eixo ortogonal basicêntrico mais elevado.

Analisando a figura 5, verifica-se que a amplitude da vibração (aceleração m/s^2) do eixo com valor eficaz mais elevado varia entre $0,23 m/s^2$ e $0,95 m/s^2$ e a média dos níveis de aceleração é de $0,45 m/s^2$. No caso dos 40 empilhadores avaliados, em 16 empilhadores foram obtidos níveis de aceleração superiores ao nível de ação, mas nenhum ultrapassou o valor limite de exposição.

Considerando, um tempo estimado de exposição diária do trabalhador, de 8 horas, os valores de $A(8)$, variaram também entre $0,23 m/s^2$ e $0,95 m/s^2$, sendo necessário em 40 % dos condutores de empilhador, proceder a alterações nos seus postos de trabalho, rotinas de condução ou tempo de exposição, para obter níveis de aceleração inferiores ao nível de ação.

Os condutores de empilhadores que circulam em superfícies pavimentadas e regulares estão, em geral, expostos a níveis baixos de vibrações.

Contudo, há que levar em atenção os casos de veículos e máquinas com sistemas de suspensão inexistentes ou de fraca eficiência, com pneumáticos de elevada rigidez e aos pisos que, estando pavimentados, apresentam irregularidades (pavimentados quebrados e/ou fortemente desgastados). Casos deste tipo ocorrem, por exemplo, com empilhadores e pequenos camiões de suspensão rígida.

Na condução e manobra de empilhadores, aspetos como o modo de condução e a velocidade de circulação são também fatores que influenciam a exposição às vibrações. Ações de formação e de sensibilização adequadas são portanto uma medida importante para a minimização deste fenómeno.

3. CONCLUSÕES

De acordo com as medições efetuadas e os resultados obtidos, verifica-se que a amplitude da vibração (aceleração m/s^2) do eixo com valor eficaz mais elevado, em empilhadores a circular em ambiente industrial em Portugal, varia entre $0,23 m/s^2$ e $0,95 m/s^2$. Comparando a amplitude de vibração obtida com os dados quantitativos típicos das amplitudes de vibração em empilhadores, apresentados no documento “EU Guide to goods practice on Whole-Body Vibration, v6.7h” [1], o qual apresenta uma amplitude de vibração entre $0,35 m/s^2$ e $1,65 m/s^2$, verifica-se que os valores de vibração obtidos são bastante inferiores, não chegando a ultrapassar o valor limite de exposição de $1,15 m/s^2$.

Possíveis causas para os menores valores obtidos nas medições efetuadas, relativamente aos expetáveis pelo guia referenciado, serão certamente relacionadas com a diferente dimensão da amostra tomada e a sua própria natureza, mas também com uma maior sensibilização por parte dos trabalhadores para as regras de segurança, melhores condições de pavimentação das vias de circulação e aos avanços tecnológicos ao nível dos próprios equipamentos de trabalho.

A média dos níveis de aceleração dos 40 empilhadores avaliados, é de $0,45 m/s^2$, valor inferior ao nível de ação ($0,50 m/s^2$).

Cerca de 40% dos empilhadores avaliados apresentam valores de aceleração, no eixo mais elevado, superiores ao nível de ação ($0,50 m/s^2$).

Mediante os resultados obtidos, o tempo de exposição na atividade de manobrador de empilhador deve variar entre as 7 horas e 50 minutos e as 2 horas e 15 minutos por dia, para que o valor da exposição diária A(8) não ultrapasse o nível de ação.

O empregador deve utilizar todos os meios disponíveis para eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição dos trabalhadores a vibrações mecânicas. Em particular, quando o nível de ação é excedido, o empregador deve aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais que reduzam ao mínimo a exposição dos trabalhadores, de forma a acautelar o risco potencial de vibração transmitida ao corpo inteiro.

REFERÊNCIAS

- [1] EU, Guide to goods practice on Whole-Body Vibration, v6.7h, 2008, pp 39.
- [2] Instituto Português da Qualidade, NP ISO 2631-1 (2007), Vibrações mecânicas e choque – Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações - Parte 1: Requisitos gerais.
- [3] Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social, Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro. Diário da República n.º 40/06 - I Série A.